



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **95103437.0**

51 Int. Cl.⁶: **H03H 17/04**

22 Anmeldetag: **09.03.95**

30 Priorität: **15.03.94 DE 4408768**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.95 Patentblatt 95/38

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

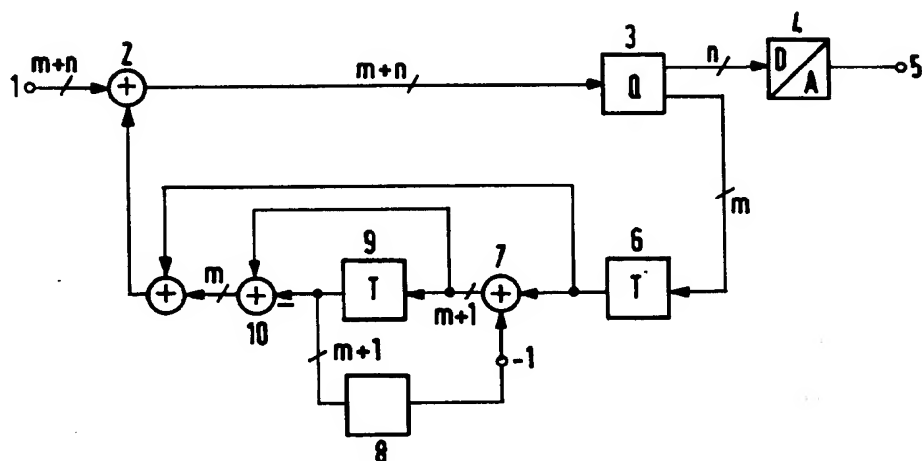
71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München (DE)

72 Erfinder: **Gazsi, Lajos, Dr. Ing.**
Faunastrasse 23
D-40239 Düsseldorf (DE)
Erfinder: **Leeb, Ferenc, Dr.**
Antoniensteig 21
A-9500 Villach (AT)

54 **Verfahren zur Filterung einer digitalen Wertefolge mit verbessertem Rauschverhalten und Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filterung eines digitalen Werts mit verbessertem Rauschverhalten, bei dem der digitale Ausgangswert ($y(t)$) die Summe aus digitalem Eingangswert ($x(t)$) und einem Rückkopplungswert ($a(t)$) ist, wobei der Rückkopplungswert ($a(t)$) gleich einer ersten Variablen ($x_0(t)$) subtrahiert mit einer zweiten Variablen ($x_1(t)$) und subtrahiert mit der um m Stellen nach rechts geschobenen zweiten Variablen ($x_1(t)$) und addiert mit der ersten Variablen ($x_0(t)$) ist, wobei die erste Variable ($x_0(t)$) gleich den unteren m Bits des vorherigen

digitalen Ausgangswerts ($y(t-1)$) entspricht und immer einen positiven Wert darstellt und die zweite Variable ($x_1(t)$) gleich der vorherigen ersten Variablen ($x_0(t-1)$) subtrahiert mit der um m Bits arithmetisch nach rechts geschobenen vorherigen zweiten Variablen ($x_1(t-1)$) entspricht und die Berechnung des Rückkopplungswerts ($a(t)$) mit wenigstens einem zusätzlichem niederwertigen Bit bis wenigstens zur letzten Addition mit der ersten Variablen ($x_0(t)$) erfolgt und die Erweiterung nachfolgend unberücksichtigt bleibt.



EP 0 673 114 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. eine Schaltungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

Ein derartiges Verfahren bzw. eine Anordnung ist z.B. aus "A 16-Bit 4'th Order Noise-Shaping D/A Converter" von Carley und Kenney aus IEEE 1988 Custom Integrated Circuits Conference auf Seite 21.7.1 ff bekannt. Insbesondere auf Seite 21.7.1 ist in Figur 1 ein derartiges System dargestellt.

Bei Delta-Sigma-Modulatoren tritt bei Eingabe von digitalen Nullwerten am Ausgang eines Digital-Analog-Wandlers ein Rauschsignal mit verschiedenen stark ausgeprägten harmonischen Komponenten auf, die aufgrund eines verwendeten vorgeschalteten Noise-Shaping-Filters entstehen. Aus IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 23, No. 6, December 1988 auf Seite 1351 ff und aus IEEE 1990 CH 2868-8/90/0000-Seite 895 ff und dem zuvor genannten Dokument sind verschiedene Verfahren zur Verbesserung des Signalrauschabstands bei derartigen Einrichtungen bekannt. Diese Verfahren sind jedoch relativ aufwendig.

Derartige Noise-Shaper zweiter Ordnung produzieren abhängig von ihrem internen Zustand (d.h. Speicherinhalt) Grenzyklen, wodurch harmonische Komponenten im Rauschsignal eines nachgeschalteten D-A-Wandlers entstehen und verstärkt werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Filterung einer digitalen Wertefolge mit verbessertem Rauschverhalten und eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, welches möglichst einfach aufgebaut ist und einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

Diese Aufgabe wird durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 bzw. 4 gelöst. Weiterbildungen sind Kennzeichen der Unteransprüche.

Die digitale Filterung einer Wertefolge gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hat den Vorteil, daß keine Grenzyklen entstehen. Diese Grenzyklen bewirken in bisherigen Filtern das Entstehen von harmonischen Komponenten im Rauschsignal.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Figur näher erläutert.

In der einzigen Figur 1 ist mit 1 eine Anschlußklemme dargestellt, die mit dem ersten Eingang eines Addierers 2 verbunden ist. Der Verbindungsbus zwischen Anschlußklemme 1 und Addierer 2 kann z.B. $m+n=16$ Bit breit sein. Der Verbindungsbus führt dann z.B. ein 16-Bit-Datenwort. Der Ausgang des Addierers 2 ist mit dem Eingang eines Teilers 3 verbunden, an dessen Ausgang n -Leitungen der MSB und z.B. m -Leitungen der LSB des Datenworts zur Verfügung gestellt werden. Die höherwertigen n MSB-Leitungen können z.B. die oberen 8 Bits eines 16 Bit-Datenworts sein und werden einem Digital-Analog-Wandler 4 zugeführt.

Der Ausgang des Digital-Analog-Wandlers 4 ist mit einer Anschlußklemme 5 verbunden. Die niederwertigen m -LSB-Leitungen, z.B. die unteren 8 Bits eines 16 Bit-Datenworts werden einem Zeitverzögerungsglied 6 zugeführt. Dieses m -Bit-Datenwort wird dabei grundsätzlich als positive Zahl betrachtet. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, daß ein zusätzliches höchstwertiges Bit eingeführt wird, welches mit dem Wert "0" besetzt wird. Der Ausgang des Zeitverzögerungsglieds 6 ist mit dem ersten Eingang eines Addierers 7 und mit dem ersten Eingang eines Addierers 11 verbunden. Der Ausgang des Addierers 7 ist mit dem ersten Eingang eines Addierers 10 und einem zweiten Verzögerungsglied 9 verschaltet. Das Ausgangssignal des Verzögerungsglieds 9 wird einer Schiebereinheit 8 und das Zweierkomplement des Ausgangssignals dem zweiten Eingang des Addierers 10 zugeführt. Das Zweierkomplement des Ausgangssignals der Schiebereinheit 8 wird dem zweiten Eingang des Addierers 7 zugeführt. Der Ausgang des Addierers 10 ist mit dem zweiten Eingang des Addierers 11 verschaltet. Der Ausgang des Addierers 11 ist mit dem zweiten Eingang des Addierers 2 verbunden. Die Addierer 7 und 10 sowie das Zeitverzögerungsglied 9 und die Schiebereinrichtung 8 sind um wenigstens ein niederwertigstes Bit erweitert, so daß in diesem Bereich mit wenigstens $m+1$ Bits gerechnet wird. Entsprechend notwendige MSB-Bits sind im gesamten Rückkopplungsbereich vorgesehen, so daß kein Überlauf auftritt. Das zusätzliche niederwertigste Bit bleibt ab dem Addierer 11 unberücksichtigt. Selbstverständlich kann auch die gesamte Anordnung bereits in allen Stufen diese Erweiterung um das niederwertigste Bit vorsehen, jedoch muß dieses Bit erfindungsgemäß spätestens beim Addierer 2 unberücksichtigt bleiben. Sinngemäß kann es dann frühestens nach dem Teiler für die m Bits berücksichtigt werden.

Die gesamte Anordnung kann vorzugsweise durch einen Signalprozessor realisiert werden. Die Anordnung kann aber auch fest verdrahtet aufgebaut werden. Die einzelnen Additionsoptionen müssen sinngemäß mit gesättigten bzw. ungesättigten Addierern durchgeführt werden, wie es im einzelnen aus dem Stand der Technik bei digitalen Filterschaltungen bekannt ist.

Das in der Figur 1 dargestellte Noise-Shaping Filter arbeitet nach folgendem Prinzip: Bezeichnet man die Ausgangswertfolge am Ausgang des Addierers 2 mit $y(t)$, so gilt:

$$y(t) = x(t) + a(t),$$

wobei $x(t)$ die Eingangswertfolge an der Klemme 1 und $a(t)$ die Rückkopplungswertfolge am zweiten Eingang des Addierers 2 bezeichnet. Die Rückkopplungswertfolge $a(t)$ ergibt sich zu:

$$a(t) = 2 \cdot x_0(t) - x_1(t) - sh(m) [x_1(t)],$$

wobei $x_0(t)$ die im Speicher 6 gespeicherte Variable und $x_1(t)$ die im Speicher 9 gespeicherte Variable ist. Unter $sh(m) [x_1(t)]$ ist das arithmetische Rechtschieben (in Richtung LSB) um m Stellen der Variablen $x_1(t)$ in der Einheit 8 zu verstehen.

Die Wertefolge $x_0(t)$ ist definiert zu:

$$x_0(t) = Q_m[y(t-1)],$$

wobei $Q_m[y(t-1)]$ die Funktion der Abtrennung der unteren m Bits des Werts $y(t-1)$ bezeichnet und wobei $x_0(t)$ immer als positiv zu betrachten ist. An dieser Stelle kann auch z.B. die Erweiterung um das zusätzliche LSB-Bit sowie um wenigstens ein zusätzliches MSB-Bit erfolgen, welche auf Null gesetzt werden.

Das zusätzliche LSB-Bit kann frühestens nach der Teilung des Ausgangswerts $y(t)$ berücksichtigt werden, wobei es nur für die Operation

$$b(t) = x_0(t) - x_1(t) - sh(m) [x_1(t)]$$

erfindungsgemäß benötigt wird, hierbei gilt:

$$a(t) = x_0(t) + b(t).$$

Das zusätzliche MSB-Bit kann ebenfalls frühestens nach der Auftrennung des zuvor genannten Additionswerts erzeugt werden, um die m -Bits als positive Zahl darzustellen.

Die Wertefolge $x_1(t)$ ist definiert zu:

$$x_1(t) = x_0(t-1) - sh(m) [x_1(t-1)],$$

wobei wiederum die zuvor gemachten Ausführungen gelten. Für t gilt: $t = 0, 1, 2, \dots$, wobei für $t = 0$ die sich ergebenden Werte von $x_0(-1)$ und $x_1(-1)$ die jeweils vorbesetzten Werte der Speicherzellen sind.

Liegen an der Eingangsklemme 1 z.B. digitale Werte eines zuvor kodierten Sprachsignals an, so verhält sich die gesamte Anordnung wie ein normales Noise-Shaping-Filter und an der Ausgangsklemme 5 können die übertragenen kodierten Sprachsignale abgegriffen werden.

Liegt jedoch an der Eingangsklemme 1 z.B. während einer Sprechpause ein fortwährend dauerndes digitales "Null"-Signal an, so werden die harmonischen Signalanteile im Rauschen, welche sonst üblicherweise durch die gesamte Anordnung aufgrund von Grenzyklen erzeugt würden, durch das Vorsehen der Schiebeeinheit 8 stark reduziert. Die Schiebeeinheit 8 ist in dem um wenigstens ein niederwertiges Bit erweiterten Rückkopplungsweig des Filters vorgesehen und schiebt den Wert am

Ausgang des Zeitverzögerungsglieds 9 um m Stellen nach rechts, im zuvor beschriebenen Beispiel also um 7 Stellen, und führt sie dem zweiten Eingang des Addierers 7 als Zweierkomplement zu, so daß dieser Wert von dem am Ausgang des Zeitverzögerungsglieds 6 anliegenden Wert abgezogen wird. Durch diese Maßnahme werden die harmonischen Anteile im Rauschsignal des Systems, welche durch Eigendynamik des rückgekoppelten Filtersystems entstehen, stark reduziert. In Messungen hat sich gezeigt, daß diese Peaks innerhalb eines Rauschsignals durch die erfindungsgemäße Anordnung fast vollständig eliminiert werden können.

Spätestens ab dem Addierer 7 bis zum Addierer müssen $n+q$ Leitungen, z.B. 12 Bits, vorgesehen sein um einen Überlauf der Anordnung zu verhindern bzw. um die zusätzlichen MSB- bzw. LSB- Bits bereitzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Filterung eines digitalen Werts mit verbessertem Rauschverhalten,

dadurch gekennzeichnet,

- daß der digitale Ausgangswert ($y(t)$) die Summe aus digitalem Eingangswert ($x(t)$) und einem Rückkopplungswert ($a(t)$) ist,
- daß der Rückkopplungswert ($a(t)$) gleich einer ersten Variablen ($x_0(t)$) subtrahiert mit einer zweiten Variablen ($x_1(t)$) und subtrahiert mit der um m Stellen nach rechts geschobenen zweiten Variablen ($x_1(t)$) und addiert mit der ersten Variablen ($x_0(t)$) ist,

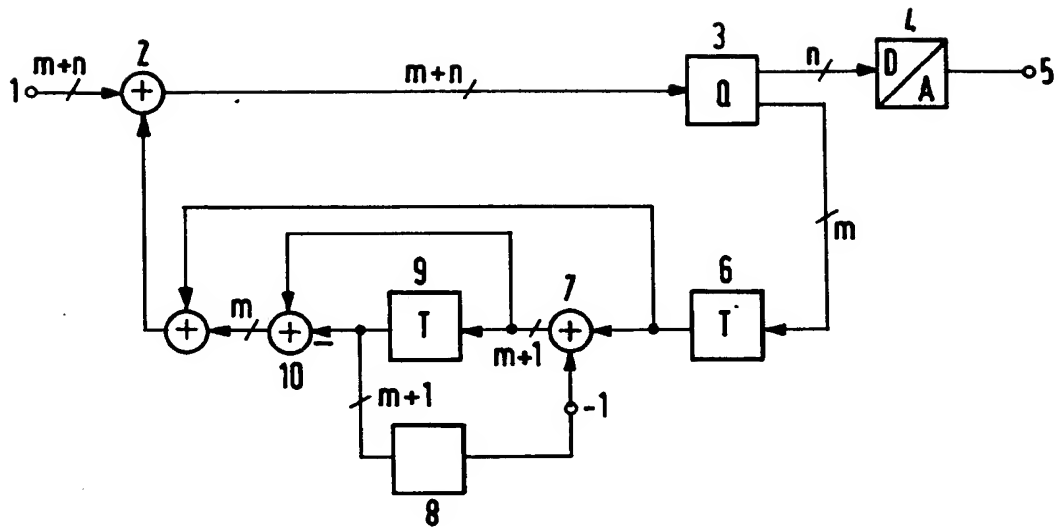
wobei die erste Variable ($x_0(t)$) gleich den unteren m Bits des vorherigen digitalen Ausgangswerts ($y(t-1)$) entspricht und immer einen positiven Wert darstellt und die zweite Variable ($x_1(t)$) gleich der vorherigen ersten Variablen ($x_0(t-1)$) subtrahiert mit der um m Bits arithmetisch nach rechts geschobenen vorherigen zweiten Variablen ($x_1(t-1)$) entspricht und die Berechnung des Rückkopplungswerts ($a(t)$) mit wenigstens einem zusätzlichem niederwertigen Bit bis wenigstens zur letzten Addition mit der ersten Variablen ($x_0(t)$) erfolgt und die Erweiterung nachfolgend unberücksichtigt bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Darstellung der unteren m Bits als positive Zahl durch eine Erweiterung um wenigstens ein zusätzliches höchstwertiges Bit, welches auf Null gesetzt wird, erfolgt.
3. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden

Ansprüche 1 oder 2 mit einem einem Digital-Analog-Wandler (4) vorgeschalteten Filter, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Filter

- eine erste Addierstufe (2) aufweist, deren
erstem Eingang die zu wandelnden $m+n$
Bits eines Datenworts zugeführt werden
und deren Ausgang mit einer Teilerstufe
(3) verbunden ist, von der die oberen n -
Bits dem Digital-Analog-Wandler (4) und
die unteren m -Bits einer ersten Haltestu-
fe (6) zugeführt werden, 5 10
- eine zweite Addierstufe (7) enthält, deren
erster Eingang mit dem Ausgang der er-
sten Haltestufe (6) und dem ersten Ein-
gang einer dritten Addierstufe (11) ver-
bunden ist, 15
- eine zweite Haltestufe (9) aufweist, deren
Eingang mit dem Ausgang der zweiten
Addierstufe (7) und dem ersten Eingang
einer vierten Addierstufe (10) verbunden
ist, wobei das Zweierkomplement des
Ausgangssignal der zweiten Haltestufe
(9) dem zweiten Eingang der vierten Ad-
dierstufe (10) zugeführt wird und der
Ausgang der vierten Addierstufe (10) mit
dem zweiten Eingang der dritten Addier-
stufe (11) und der Ausgang der dritten
Addierstufe (11) mit dem zweiten Ein-
gang der ersten Addierstufe (2) verbun-
den ist, 20 25 30
- eine Schiebereinrichtung (8) aufweist, de-
ren Eingang mit dem Ausgang der zwei-
ten Haltestufe (9) und deren Ausgang
über einen Zweierkomplementbilder mit
dem zweiten Eingang der Addierstufe (7)
verbunden ist, wobei die Schiebereinrich-
tung (8) das am Eingang anliegenden
Datenwort um m Bits nach rechts
schiebt. 35 40

4. Schaltungsansordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens
die zweite und vierte Addierstufe (7, 10), die
zweite Haltestufe (9) und die Schiebereinrich-
tung (8) um wenigstens ein niederwertiges Bit
erweitert sind. 45
5. Schaltungsansordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, daß alle Einheiten
(2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11) um wenigstens ein
niederwertiges Bit erweitert sind, wobei dieses
niederwertigste Bit nur bei der zweiten und
vierten Addierstufe (7, 10), der zweiten Halte-
stufe (9) und der Schiebereinrichtung (8) be-
rücksichtigt wird. 50 55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 3437

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, Bd. 27, Nr. 2, April 1979 NEW YORK US, Seiten 195-198, AHMAD I. ABU-EL-HAIJA ET AL 'AN APPROACH TO ELIMINATE ROUND OFF ERRORS IN DIGITAL FILTERS' * das ganze Dokument *	1	H03H17/04
A	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, Bd. 36, Nr. 4, April 1989 NEW YORK US, Seiten 618-622, XP 000034090 SHU-HUNG LEUNG 'A REALIZATION OF NARROW-BAND RECURSIVE DIGITAL LOW-PASS FILTER USING HIGHLY QUANTIZED COEFFICIENTS' * Seite 618, Spalte 1, Zeile 13 - Seite 618, Spalte 2, Zeile 6; Abbildung 1 *	1	
A	US-A-4 236 224 (TIEN-LING CHANG) 25. November 1980 * Spalte 3, Zeile 39 - Spalte 3, Zeile 59; Abbildung 5 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H03H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21. Juni 1995	
		Prüfer Coppieters, C	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			